

ГЕОГРАФИЯ ЗА РУБЕЖОМ

УДК 631.48:911.53

Ф. Н. ЛИСЕЦКИЙ, М. Е. РОДИОНОВА

Белгородский государственный университет

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ ДРЕВНЕЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ РАЙОНОВ (НА ПРИМЕРЕ АНТИЧНОЙ ОЛЬВИИ)

Приведены результаты изучения ландшафтов сельской округи античной Ольвии и обоснования индикаторов долговременной агрогенной трансформации физико-химических свойств сухостепных почв, которые испытали длительные земледельческие нагрузки.

Ключевые слова: агрогенно измененные почвы, античное землепользование, ландшафты постантичные, индикаторы агрогенные.

We report results from studying the landscapes of the rural surroundings of antique Olbia and substantiate the indicators of long-term agrogenic transformation of the physicochemical properties of dry-steppe soils which have experienced long-lasting agricultural pressures.

Keywords: agrogenically transformed soils, antique land use, post-antique landscapes, agrogenic indicators.

ВВЕДЕНИЕ

В геосистемах на протяжении определенного периода их развития почвы отражают и избирательно регистрируют (запоминают) не только воздействие природных факторов-почвообразователей, но во многих случаях и практик природопользования, различных по длительности и интенсивности. Если живому веществу, особенно растительности, принадлежит роль главной движущей силы в эволюции биогеоценозов, то почва является тем компонентом биогеоценоза, который закрепляет эволюционные изменения [1]. На относительно молодых почвах особенности почвообразовательного процесса, состав и продукция фитомассы обусловлены свойствами субстрата и климата, т. е. абиотической инвариантной структурой [2], тогда как у полигенетических антропогенно преобразованных почв их свойства определяют современное развитие почв и растительности [3].

К настоящему времени накоплены обширные знания об агрогенной трансформации почв текущего этапа освоения. Важно отметить, что при значительной длительности земледелия в памяти почв могут получить отражение некоторые свидетельства изменения свойств, соответствующие эволюционной размерности. Отдельные работы по анализу долговременного воздействия земледелия на почвы имеются по Нечерноземной зоне России [4, 5], югу Украины [6], Средиземноморью [7], Южной Америке [8, 9] и др. Однако при изучении агрогенной трансформации почв пространственное разнообразие их модификаций, как правило, слабо увязано с морфологической структурой гетерохронных агроландшафтных систем, т. е. при анализе развития почв и почвенного покрова необходимо привлекать ландшафтный контекст.

Цель данной работы — определить индикаторы долговременной агрогенной трансформации физико-химических свойств сухостепных почв, используя редкую по длительности историю их земледельческого освоения в ландшафтах сельской округи античной Ольвии (территория современной Николаевской области Украины).

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В античное время, благодаря греческой колонизации, на северном побережье Черного моря (от Дуная до Дона), включая оба берега лимана Южного Буга, возникли торговые пункты и города. Район исследования расположен в Нижнем Побужье (между селами Парутино и Днепровское), к югу от Ольвии — центра древнегреческого государственного образования полисного типа. На протяжении тысячелетия (VI в. до н. э.—IV в. н. э.) эта территория испытывала различные по интенсивности антропогенные воздействия, обусловленные прежде всего формированием ближней к городу сельской округи (хоры).

Рельеф юга Причерноморской низменности — плоская лёссовая равнина с высотами 40–45 м, которая в прилиманских и приморских зонах переходит в абразионные уступы. Территория находится к югу от нулевой изобазы современных вертикальных движений земной коры, т. е. испытывает опускания до -1 мм/год. Мощность глин плиоценовой красноцветной и лёссовой антропогенной формации, залегающих выше понтических известняков, достигает в среднем 20 м, но к югу увеличивается до 40–50 м.

На основной части территории горизонтальное расчленение реликтовой долинно-балочной сетью слабое ($0,3-0,4$ км/км²), однако в прибрежных зонах (до 1–2 км) широко развиты овраги. Так, правый берег Бугского лимана густо расчленен оврагами длиной 25–150 м. Их склоны вертикальные, ширина вершин составляет 50 м, а глубина отдельных оврагов достигает 30 м [10]. Как было показано ранее [11], значительная густота овражно-балочной сети в прибрежной зоне Бугского лимана к югу от Ольвии (20 км²), которая достигает $1,54$ км/км², в значительной степени обусловлена длительным функционированием агроландшафтов на водосборах эрозионных форм.

Климат территории характеризуется высокой степенью теплообеспеченности: при среднегодовой температуре $9,9$ °С сумма температур выше 10° составляет 3380° . Продолжительность безморозного периода — 209 дней; осадков за год выпадает 330 мм; коэффициент увлажнения (отношение осадков к испаряемости) 0,4.

Полигон исследования входит в состав геоботанического района типчаково-ковыльных степей на темно-каштановых солонцеватых почвах.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Крупномасштабное изучение пространственно-временных агроландшафтных систем проводили для ключевого участка Ольвия, выбранного как репрезентативный полигон историко-ландшафтных исследований. С этой целью на единой картографической основе средствами ArcGIS 9.3 интегрированы разновременные топографические, землеустроительные и почвенные карты, батиметрическая карта Бугского лимана, материалы аэрофотосъемки 1974 г. и космические снимки из портала Google Earth и ресурса TerraLook (со спутника Quick Bird-2: лето 2003 г.; разрешение 3 м; со спутника ASTER: лето 2001, 2002, 2008 и 2010 гг.; разрешение 15 м), а также результаты полевой ландшафтной съемки. Для отображения сложной историко-географической ситуации на исследуемой территории разработана легенда матричного типа, отражающая актуальную ландшафтную ситуацию и антропогенные преобразования, которые удалось установить для всего периода хозяйственного освоения территории. Оценка агрогенно обусловленных эффектов проведена с помощью агрофизических, агрохимических и геохимических показателей состояния почв. Всего отобрано 8 образцов почв (S1–S7, ..., S9) и материнской породы (Pr8).

По результатам анализа агрегатного состава и водостойкости по Савинову [12] (в трехкратной повторности), водопрочности (в пятикратной повторности), содержанию копролитов рассчитаны диаметр водопрочных агрегатов, биогенность (средневзвешенная по массе доля копролитов в структурных отдельностях, %), водопрочность агрегатов (W) по Андрианову [12].

Агрохимическая группа показателей включала содержание гумуса (по Тюрину) и лабильного органического вещества (по Егорову), CO₂ карбонатов, азота валового, подвижного фосфора и калия (по Чирикову), pH водной и солевой вытяжек, групповой анализ гумуса (по Пономаревой и Плотниковой).

Геохимические характеристики основаны на валовом составе почв (TiO₂, V, Cr, MnO, Fe₂O₃, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb, CaO, Al₂O₃, SiO₂, P₂O₅, K₂O, MgO, Rb, Na), который определен на рентген-флуоресцентном анализаторе «Спектроскан МАКС-GV». По этим данным рассчитаны коэффициенты элювирования (K_э), модифицированный коэффициент накопления микроэлементов Шоу (R) и показатель SiO₂/10R₂O₃.

В расчетную формулу коэффициента элювиирования вошли основные оксиды: $K_э = (SiO_2 / (MnO + CaO + K_2O + MgO + Na_2O))$ [13].

Модификация коэффициента, предложенного Д. М. Шоу, связана с расчетом его итогового значения как среднегеометрического, т. е. корня седьмой степени из произведения отношений содержания каждого микроэлемента (Zn, Cu, Ti, Ni, Cr, V) в почве и почвообразующей породе.

Группировку почв агрогенного ряда по коэффициенту накопления элемента (отношению содержания в почве к почвообразующей породе) проводили в программе Statistica 6.0 кластерным анализом по дистанции 1-г Пирсона, используя метод Уорда.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Этапы аграрной истории. С начала субатлантического периода (2500 л. н.), когда климат стал близок к современному, сухие степи характеризовались доминированием ковылей и типчака, приходом растительного вещества в количестве 1210 г/м² [14] и гумуса 5,4 МДж/м² в год [15].

В античное время эллины практиковали переложную систему полеводства, включавшую использование пашенных орудий обработки почвы. Развитие виноградарства в Нижнем Побужье относится к IV—III вв. до н. э., в Ольвии обнаружены винодельни первых веков нашей эры [16].

Если считать, что в период расцвета античного землепользования площадь введенных в оборот земель была наибольшей, то по результатам анализа аэрофотоснимков [17] системой размежевания ольвийской хоры (рис. 1) была охвачена площадь 29 тыс. га.

Общую продолжительность сельскохозяйственной деятельности античного времени на ключевом участке (см. рис. 1) можно оценить по датировкам обнаруженных здесь поселений в 310—330 лет. Непосредственно у Крестового оврага известны поселения VI—III вв. до н. э., а также расположенное рядом поселение, вытянутое вдоль берега лимана на 700 м и датируемое V—III вв. до н. э. [18]. Используя выявленные археологами качественные этапы пространственного развития ольвийской хоры [19], можно уверенно определить период активного сельскохозяйственного освоения земель изучаемой территории — первая четверть IV—начало II в. до н. э.

Масштабное земледельческое освоение южной округи Ольвии совпало с изменениями климата, которые способствовали более благоприятным условиям почвообразования: максимум солнечной активности (Геродота) сменился 2350 л. н. греческим минимумом, с которым связывают период увеличения скоростей формирования гумусового горизонта степных почв, пик которого приходился на 2150 л. н. [20].

В XIX в. эта территория входила в состав Анчекрак-Парутинской земской дачи, земли которой в 1820-е гг. распаханы на 10 %, а в 1880-е гг. — на 34 % при доминировании овцеводства [21]. Переложная система земледелия, сохранявшаяся до 50—60-х гг. XIX в., предполагала, что после заброса земель не менее 4—5 лет, но не более чем на 10—15 лет, они вновь становятся пашней на 3—8 лет.

Ближайшее к ключевому участку село Днепровское известно с конца XV в. как турецкие Сары-Камыши. С 1788 г., когда эту местность заняли русские войска, и до конца XIX в. население в нем росло медленно: от 9 до 30 дворов. Распаханность земель к концу столетия составила 32 %. В 80-е гг. XIX в. в данном месте практиковали землеустройство с формированием клеток земельных наделов в 155 сажень в длину и ширину (т. е. площадью 10,9 га).

Развитие линейной эрозии под влиянием распашки привело к формированию в прибрежной зоне залежных участков, которые вновь вовлечь в обработку было трудно. Восстановительные сукцессии на залежах имеют структуру фитомассы надземного яруса, отличную от коренных сообществ (табл. 1).

Депонирование надземной мортмассы ($R + SC$) зависит от величины максимального запаса зеленой массы (F) и скорости разложения мортмассы. Чем активнее продукционный процесс, относительной мерой которой служит F , и ниже скорость деструкции, тем больше накапливается надземной мортмассы. По ее запасу восстановительные сукцессии уступают коренным сообществам с доминированием ковыля (на 8 %) и близки к типчаковым ассоциациям. Отношение $(R + SC)/F$ отражает соотношение удельных скоростей процессов образования растительного вещества и его деструкции. По этому показателю постантичные залежи ближе к типчаковым ассоциациям, чем к ковыльным. Как было показано ранее [22], при сравнении постагрогенных залежей с целиной наименьшие различия выявляются у типчаковых ассоциаций, что свидетельствует о большем экологическом соответствии типчака достигнутой зрелости почвенных свойств под постагрогенными залежами.

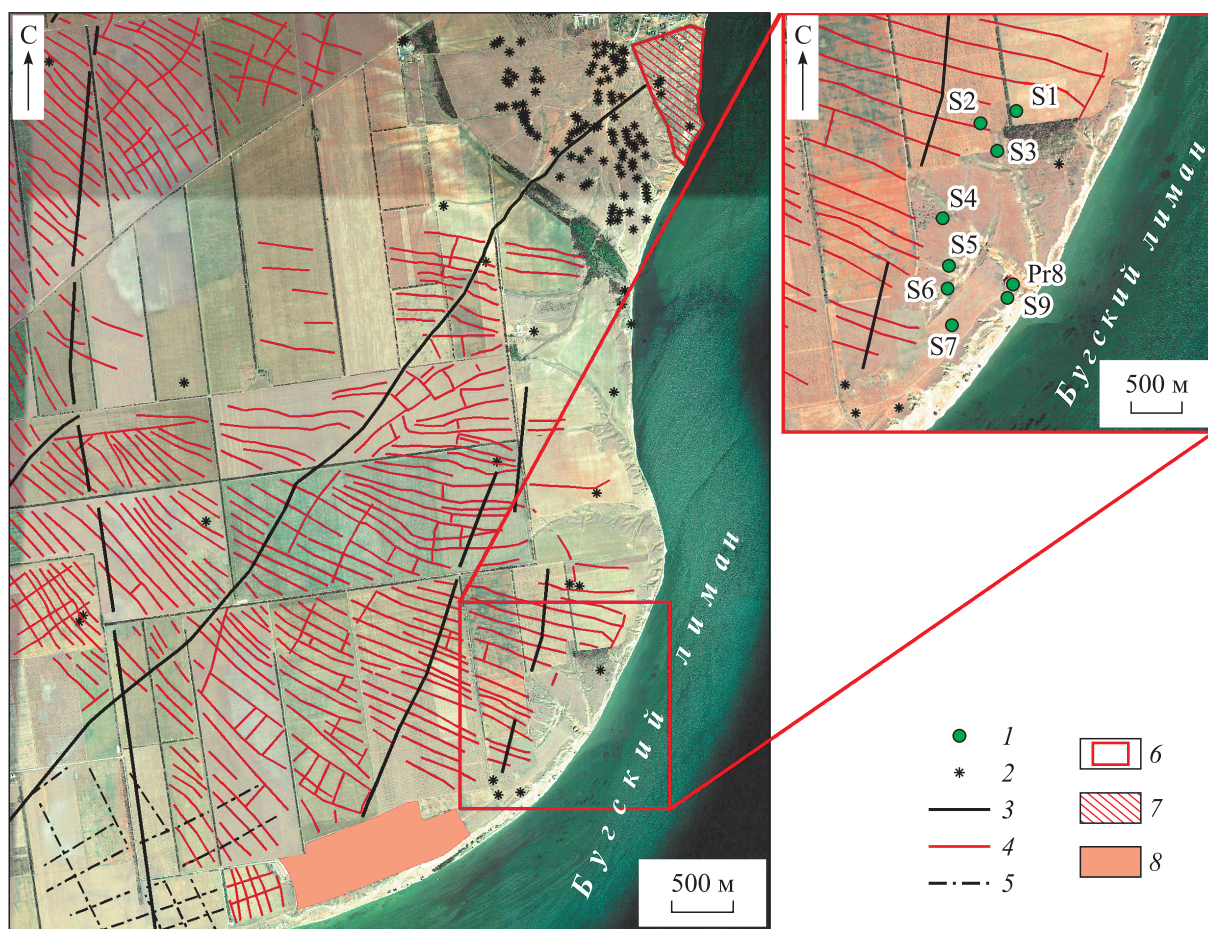


Рис. 1. Результаты дешифрирования разновременных систем землеустройства к юго-западу от Ольвии на основе космического снимка со спутника Quick Bird-2 (лето 2003 г., разрешение 3 м).

1 — места отбора: S1–S7, S9 — почвенных образцов, Pr8 — почвообразующей породы; 2 — курганы; 3 — дороги разного времени освоения, ныне не существующие; 4 — нелинейные текстуры; 5 — ортогональные текстуры; 6 — ключевой участок Крестовый овраг; 7 — территория археологического заповедника «Ольвия»; 8 — территория современного села Днепровское.

В середине 90-х гг. XX в. в структуре земельного фонда преобладали пашня и многолетние насаждения (виноградники) — 82 % площади всей территории, но в настоящее время (к 2011 г.) появились заброшенные поля, в том числе за счет раскорчевки виноградников. На трехлетней залежи S2 (см. рис. 1) доминируют североамериканские заносные растения семейства сложноцветных: дурнишник эльбский (*Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz) и мелколепестничек канадский (*Conyza canadensis* (L.) Cronqist).

Таблица 1

Структура фитомассы надземного яруса в сухой степи

Угодье	Растительные ассоциации	Масса сухого вещества, г/м ²			(R + SC)/F
		F	R	SC	
Целина	Ковыльные	423,19	208,67	270,90	1,13
Целина	Типчаковые	228,30	222,70	226,10	1,96
Залежь	Восстановительные сукцессии	246,42	242,46	198,48	1,79

Примечание. F — зеленая фитомасса; R — ветошь; SC — подстилка.

Доминирующая нерегулярная система следов межевания земель дополняется (частично перекрывается) более строгим ортогональным типом пространственной организации землепользования (см. рис. 1), что предложено рассматривать как многослойную модель, объединяющую анализ синхронных и асинхронных локальных систем землеустройства [23].

Интенсивность агрогенной трансформации почвы (P_{at}) при ее многоразовом использовании можно определить по предлагаемой формуле:

$$P_{at} = 100 \left(1 - \sum_{i=1}^n T_i K_i / T \right),$$

где T_i — длительность периода агрогенной трансформации почв, годы; T — общая длительность агрогенного ряда почв (сумма временных фаз — целина, пашня, залежь — от 1 до n), годы; K_i — поправочный коэффициент агрогенной нагрузки на почвы. Чем больше агрогенную трансформацию испытала почва, тем больше значения показателя P_{at} . В расчетах общую длительность возможных агрогенных воздействий (T) связали с началом масштабного освоения земель в конце архаического периода истории сельской округи Ольвии (V в. до н. э.), что составило 2500 лет. Обоснование значений поправочного коэффициента K_i проводили исходя из длительности основного этапа ренатурации почв в результате восстановительной сукцессии на залежи [24] и результатов региональных исследований биогеохимической трансформации пахотных почв по различным историко-экологическим периодам [15]. Таким образом, для фазы агрогенного ряда, когда почва находилась в состоянии целины, $K_i = 1$; для экстенсивной и интенсивной практик использования пашни K_i составляет 0,49 и 0,54 соответственно. Для режима залежи значение K_i следует увязать с длительностью этой фазы и соотносить со временем восстановления растительности, которое по работе [24] принято для условий сухой степи за 150 лет. Поэтому при $T_i \leq 150$ поправочный коэффициент агрогенной нагрузки рассчитывали по формуле: $K_i = 0,54 + (T_i/150) \cdot 0,46$, а при $T_i \geq 150$ K_i принимали за единицу.

Расчет показателя P_{at} для агрогенного ряда почв Ольвийской хоры представлен в табл. 2.

Морфологическая структура ландшафтов в зоне античного землепользования. Многие историко-географические карты отображают трансформацию ландшафтов, охватывающую в лучшем случае два–три временных периода, чаще всего последних столетий. Однако ландшафт староосвоенных регионов отражает разнотипные антропогенные воздействия многих столетий, что требует новых подходов к пространственно-временному моделированию. Для изучения гетерохронных агроландшафтных систем нами выбран полигон Ольвия (площадь 2500 га). В его северной части расположен национальный историко-археологический заповедник НАНУ «Ольвия» (267,5 га) — территория древнегреческого города и некрополя.

Таблица 2

 Кодировка и оценка степени агрогенной трансформации почв (P_{at})

Объект	Формула антропогенной преобразованности	P_{at}
S2	VL(> 100) — ArL — lp(140) — An — FL(2100) — ArL — ext(≈ 90) — ArL-int(>40) — Vin(12) — ArL — int(4) — FL(3)	19,963
S1	VL(>80) — ArL — ext(> 100) — ArL — lp(140) — An — FL(2200) — ArL — int(31) — Vin(13) — ArL — int(5)	18,936
S6	VL(> 100) — ArL — lp(> 140) — An — FL(> 2200) — ArL — int(5) — FL(40)	15,434
S7	VL(≈ 60) — ArL — ext(140) — An — FL(2250) — ArL — int(47) — FL(3)	14,956
S3	VL(> 100) — ArL — lp(140) — An — FL(2250)	14,827
S4	VL(> 140) — ArL — lp(≈ 100) — An — FL(> 2250)	13,793
S5	VL(> 100) — ArL — lp(> 50) — An — FL(> 2300)	12,687
S9	VL(> 2500)	0

Примечание. Члены агрогенных рядов почв: VL — целинные земли; ArL—lp — пашня в античных земельных наделах; ArL—ext — пашня экстенсивного этапа использования; ArL—int — пашня интенсивного использования; Vin — виноградники; FL — залежные земли; An — FL — постантичная залежь. В скобках длительность фаз, годы.

Агрогенно обусловленную трансформацию ландшафтной структуры выявляли путем сопоставления карт полигона Ольвия и соразмерной территории текущего этапа освоения (длительностью 120–150 лет). Территория к югу от города постоянно являлась ближней хорой Ольвии, но степень антропогенной нагрузки на земли менялась, что было связано с периодами расцвета и упадка экономической жизни полиса на протяжении тысячелетней его истории. Согласно реконструкции античного землепользования основные площади в пределах полигона Ольвия были вовлечены в длительное (до 700 лет) аграрное освоение.

Результаты ландшафтного картографирования пространственно-временных территориальных структур позволяют выявить контакты коренных и квазикоренных геосистем с различными кратковременно- и длительнопроизводными модификациями [2]. Фрагмент ландшафтной карты с соответствующей частью легенды для ключевого участка Крестовый овраг (в 5 км к югу от Ольвии) представлен на рис. 2. Крестовый овраг — овражно-балочная система, расположен в километре к северо-востоку от с. Днепровское. Участок представляет собой две балки с донными оврагами, имеющие общее устье, выходящее к Бугскому лиману. Максимальная глубина вреза оврага достигает 35 м. Водосбор Крестового оврага благоприятен для проведения почвенно-эволюционных исследований, так как активный рост оврагов способствовал обособлению платообразных участков, входивших в систему размежевания земель ольвийской хоры, и ограничивал возможности повторных аграрных воздействий на эти земли.

Анализ материалов картографирования постантичных территориальных систем показывает их своеобразие по компонентам, составу, геометрии, количественным параметрам структуры почвенного покрова и морфологической структуре агроландшафтов и смежных с ними территорий. Это подтверждает представление о пространственно-временной организации ландшафтов как средоточии «памяти» не только природно-антропогенной эволюции почвенного покрова, но и всей совокупности агрогенно обусловленных процессов, определяющих полихронность рельефа, почв, растительности и других компонентов геосистемы.

Морфология пространственно-временных агроландшафтных систем в зоне античного землепользования отличается от районов нового этапа освоения большим количеством составляющих территориального рисунка: 19 и 4–13 соответственно. Еще более значительны различия по характеристикам сложности. Так, величина индекса дробности (отношение количества контуров к площади участка) для участков с античной предысторией землепользования в 2,6–7,8 раз больше по сравнению с районами текущего этапа освоения.

В зоне античного землепользования ветвистый рисунок эрозионной сети, характерный для районов 120–150-летнего земледельческого освоения, уступает место параллельному прямоугольному, что в значительной мере обусловлено организующим началом античной системы размежевания земель.

По сравнению с районами текущего этапа освоения на территории полигона Ольвия значительно большая расчлененность формы ландшафтных контуров. В пределах наиболее характерной части полигона (на площади 325 га) выявлено 36 разновременных сочетаний ландшафтных таксонов и модификаций из 108 возможных. Отметим, что следы античных систем землеустройства отсутствуют на участках, которые были распаханы 40–55 лет назад. Это, по-видимому, можно объяснить тем, что сельскохозяйственные поля, входившие в систему размежевания земель хоры, непосредственно не подходили к границам античных поселений.

Агрогенная трансформация почв. Обобщение данных почвенных обследований, проведенных в 60-е гг. XX в. с целью крупномасштабного картографирования почвенного покрова, показало, что темно-каштановые слабосолонцеватые почвы на лёссах характеризуются мощностью гумусового элювиального горизонта 28 см, всего гумусового горизонта — 57 см. Глубина вскипания от соляной кислоты отмечается с 56 см, карбонатные новообразования (белоглазка) появляются с 75 см. Эти почвы в пахотном горизонте содержат от 2,8 до 3,4 % гумуса.

В локальных условиях исследуемого полигона темно-каштановые целинные почвы содержат в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте 3,1 % гумуса (от 2,6 до 3,6 %) при соотношениях C: N = 10,5 и $C_{ГК}:C_{ФК} = 3$. Постантичные залежные почвы по гумусированности верхнего горизонта уступают целинным аналогам 11 % отн.

Совокупность агрофизических, агрохимических и геохимических показателей состояния почв общим числом 53 (валовой химический состав по 20 элементам, коэффициенты Шоу и элювиирования, $SiO_2/(10R_2O_3)$, коэффициент энтропии, энергия Гиббса и кристаллической решетки, плотность почв, коэффициент структурности, водопрочность по Савинову, водопрочность по Андрианову, диаметр водопрочных агрегатов, содержание водоустойчивой фракции более 0,25 мм, общий углерод,

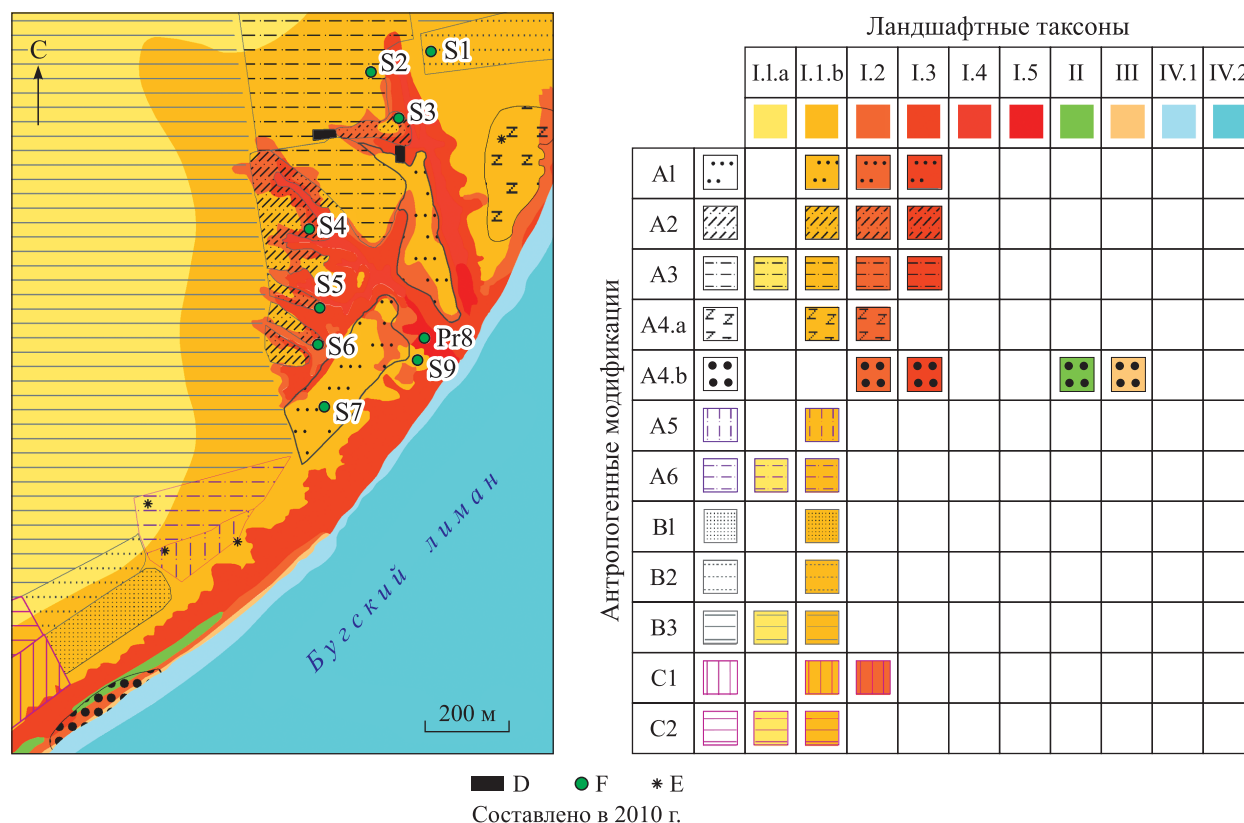


Рис. 2. Фрагмент ландшафтной карты (Крестовый овраг).

Ландшафтные таксоны

I. Слабодренированные лёссовые равнины с темно-каштановыми солонцеватыми почвами и глеезолодами по долам: 1 — водораздельные пространства и слабополосы склоны с темно-каштановыми почвами: а — полнопрофильными, b — слабосмытыми (слабодефлированными); 2 — пологие склоны с темно-каштановыми слабосмытыми (дефлированными) почвами; 3 — слабопокатые, покатые и очень покатые склоны с темно-каштановыми средне- и сильносмытыми почвами; 4 — днища балок с лугово-темно-каштановыми среднесуглинистыми почвами с разнотравно-молочайной, пырейно-разнотравной ассоциациями; 5 — донные размыты с пионерными группировками. II. Оползневые волнистые террасы под сорно-полевой ассоциацией. III. Поймы с современными лиманными (аллювиальными) ракушечными песками. IV. Аквальный ландшафт: 1 — на глубинах до 1 м, территории, затопленные с 1985 г.; 2 — на глубинах до 2 м.

Антропогенные модификации ландшафта

A. Территории с восстановленным растительным покровом: 1 — входившие в зону античного освоения, распаханные в 60–70-х гг. XX в., в залежи с 2005 г.; 2 — входившие в зону античного земледелия, постантинская залежь; 3 — входившие в зону античного земледелия, повторно распаханные в 50–60-х гг. XIX в., в залежи с 2005 г.; 4 — территории античных поселений под зональной растительностью: а — классического и эллинистического времени (первая четверть V–середина III в. до н. э.), b — архаического, классического и эллинистического времени (с VI в.—начало III в. до н. э.); 5 — залежь на месте бывшей хозяйственной застройки 1960–1985 гг.; 6 — входившая в зону античного межевания на месте бывшей хозяйственной застройки 1960–1985 гг. B. Территории, находящиеся в сельскохозяйственной обработке: 1 — распаханные в 60–70-х гг. XX в., 2 — входившие в зону античного земледелия и распаханные в 60–70-х гг. XX в., 3 — входившие в зону античного земледелия и распаханные в 50–60-х гг. XIX в. C. Территории современных населенных пунктов: 1 — не входивших в зону античного земледелия, 2 — входивших в зону античного земледелия. D — территории античных усадеб; E — курганы; F — места отбора почвенных образцов (S1 и др.) и материнской породы (Pr8).

Таблица 3

Показатели — индикаторы длительной агрогенной трансформации почв сухой степи

Индикаторы	Объекты исследований (см. рис. 2)							
	S2	S1	S6	S7	S3	S4	S5	S9
W, %	9	12	67	10	71	56	75	74
Водоустойчивые агрегаты >0,25 мм, %	18,45	28,62	20,38	19,72	38,82	39,13	46,19	46,55
Сгк, %	26,97	28,47	30,1	26,27	27,28	22,58	25,02	25,99
Сфк, %	18,14	9,57	11,72	10,49	12,57	15,91	16,42	8,58
N, %	0,081	0,084	0,098	0,098	0,14	0,126	0,119	0,165
P ₂ O ₅ , мг/кг	102	98	112	300	115	66	83	395
K ₂ O, мг/кг	112	174	75	1300	130	150	137	235
R	1,19	1,23	1,15	1,04	1,18	1,32	1,13	1,19
K _э	14,10	14,45	15,32	12,95	13,52	15,60	14,02	12,57
SiO ₂ / (10R ₂ O ₃)	0,58	0,57	0,65	0,63	0,62	0,60	0,64	0,62

Примечание. W — коэффициент водопрочности агрегатов; Сгк, Сфк — содержание углерода в гуминовых и фульво-кислотах; N — азот валовый; P₂O₅ — фосфор подвижный; K₂O — калий обменный; R — коэффициент аккумуляции; K_э — коэффициент элювирования.

групповой и фракционный состав гумуса, C/N, Сгк/Сфк, содержание подвижных форм органического вещества, фосфора и калия, общий азот, CO₂ карбонатов, pH водной и солевой вытяжек) подвергли статистическому анализу. Для этого рассчитаны коэффициенты вариации и корреляции признаков, а затем проведен содержательный анализ и отбор наиболее значимых параметров. В результате были выбраны показатели, которые можно использовать в качестве индикаторов длительной агрогенной трансформации сухостепных почв (табл. 3).

Показатели, обладающие индикационными возможностями для оценки длительности и интенсивности агрогенеза почв (см. табл. 3), включены в расчет среднегеометрического оценочного показателя почвенных свойств (*Sp*). С помощью регрессионного анализа установлена зависимость значений обобщенного показателя почвенных свойств (*Sp*) от интенсивности агрогенной трансформации сухостепных почв (*P_{ат}*) (рис. 3):

$$Sp = -66,128 + \exp(4,42 + (-0,0058 \cdot P_{ат})).$$

Корреляционное отношение составило 0,93, объясненная доля дисперсии — 0,87.

Из первых десяти химических элементов, которые накапливаются в почвах относительно почвообразующей породы (т. е. $K_a > 1$), старопашотные почвы, в сравнении с целинными, отличает аккумуляция Al₂O₃, Fe₂O₃, Zn и обеднение K₂O и TiO₂. В почвах современного этапа освоения больше накапливается Al₂O₃, Zn, SiO₂, уменьшается содержание Fe₂O₃. В почвах постантичных залежей относительная аккумуляция отмечена у SiO₂, Fe₂O₃ и TiO₂.

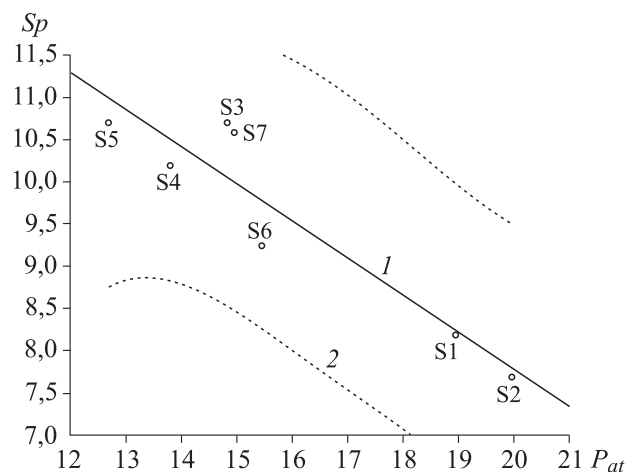
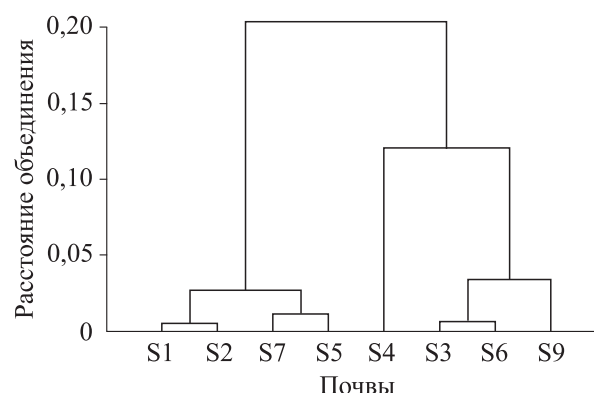


Рис. 3. Изменение сводного показателя почвенных свойств (*Sp*) в зависимости от интенсивности агрогенной трансформации темно-каштановых почв (*P_{ат}*).

1 — график функции $Sp = f(P_{ат})$; 2 — область доверительных значений (0,95); S1–S7 — агрогенно трансформированные почвы, по фактическим характеристикам которых (см. табл. 3) нелинейным оцениванием в программе Statistica получена экспоненциальная зависимость.

Рис. 4. Группировка почв агрогенного ряда по отношению кларков 20 макро- и микроэлементов в почве к почвообразующей породе (евклидова дистанция).

S1–S7, S9 — номера почвенных образцов.



Из перечня металлов-загрязнителей установлен ранжированный ряд элементов, которые характеризуют агротехногенную нагрузку: $As > Ni > Fe > Cr > Cu$. Чем больше почва испытала агрогенной нагрузки, тем меньше отношение Si к сумме элементов Al, Fe, Mn: от 5,0–5,3 в целинных и залежных почвах до 4,6–4,7 в почвах старопахотных. Из-за узкого варьирования кремния ($32 \cdot 10^4$ – $34 \cdot 10^4$ мг/кг) установленная закономерность объясняется относительным обогащением почвы в слое 0–20 см алюминием и в меньшей мере железом.

Обобщенное представление о биогеохимических изменениях, обусловленных агрогенезом, дает кластерный анализ агрогенного ряда сухостепных почв, выполненный по коэффициенту трансформации элемента (отношению его содержания в почве и материнской породе) (рис. 4). В анализ вошло содержание 20-ти макро- и микроэлементов (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb, CaO, Al, Si, P, K, Mg, Rb, Na). Старопахотные почвы, хотя и отличаются разной степенью агрогенной трансформации, тем не менее формируют особый кластер.

Вторичная сукцессия (возобновление биоценозов на восстанавливаемой почве) отнесена [25] к регенерационной сукцессии биоты в процессе рецентного почвообразования. Считается [24], что время достижения климакса у залежных почв зоны сухих степей составляет 100–150 лет и более. По нашим результатам, на высоком уровне пороговых расстояний обособляется кластер, включающий постантитные залежи, в том числе и те, что по степени восстановления геохимических свойств уже приблизились к неизменным почвам. Следовательно, даже длительный период залежи (свыше 2 тыс. лет) не может полностью стереть в памяти почв свидетельств об агрогенных воздействиях. Результаты кластеризации устойчивы и при учете только накапливающихся элементов. Длительно сохраняющимися маркерами агрогенеза могут служить разные химические элементы: необходимые для растений макроэлементы (P, K) и микроэлементы (Mn, Zn), из полезных элементов — Al, а также элементы накопления в результате агротехногенных и биогеохимических процессов (As, Pb, V, Cr).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование историко-ландшафтного картографирования территорий многовекового аграрного освоения показало, что с помощью картографических моделей пространственно-временных структур удастся отразить генетически обусловленные особенности морфологической структуры ландшафтов и их современный статус, а через количественную оценку антропогенной измененности — ретроспективу хозяйственных воздействий.

Длительной историей антропогенных трансформаций объясняется увеличение количества пространственно-временных структур на староосвоенных территориях. Наряду с этим из-за продолжительного воздействия эрозионных процессов произошло изменение склоновой подсистемы балочных водосборов: ширина ландшафтных полос достигла 0,3–0,4 км, в отличие от 0,2–0,3 км на участке-аналоге 120-летнего периода освоения.

При типизации агроландшафтов длительного периода освоения и с неоднократной сменой доминирующих видов антропогенного влияния на природную среду более перспективно не их сопряжение с современными видами угодий, а воссоздание основных этапов природно-антропогенного развития. Для этого целесообразно использовать диахронический подход, включающий разработку региональной историко-географической периодизации природопользования, историко-ландшафтное картографирование пространственно-временных территориальных систем на основе ГИС-технологий, теоретико-экспериментальное обоснование влияния различных практик землепользования на лабильные и консервативные почвенные свойства. В памяти почв, испытавших в прошлом агрогенные

нагрузки, остаются их индикаторы (совокупность определенных физико-химических и биогеохимических показателей). Они сохраняются даже после периода залежного режима с длительностью, которая соизмерима с временем формирования гумусового профиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роде А. А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. — М.: ОГИЗ, 1947. — 142 с.
2. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. — Новосибирск: Наука, 1978. — 320 с.
3. Эвальд Э. О месте почвы и ее взаимосвязях с растительностью в естественных и нарушенных человеком биогеоценозах // Почвоведение. — 1980. — № 5. — С. 29–39.
4. Долотов В. А. Старопахотная почва двухтысячелетнего использования // Почвоведение. — 1984. — № 1. — С. 103–106.
5. Караваева Н. А. Длительная агрогенная эволюция дерново-подзолистой почвы // Почвоведение. — 2000. — № 2. — С. 169–179.
6. Лисецкий Ф. Н. Агрогенная трансформация почв сухостепной зоны под влиянием античного и современного этапов землепользования // Почвоведение. — 2008. — № 8. — С. 913–927.
7. Yaalon D. H. Soils in the Mediterranean region: what makes them different? // Catena. — 1997. — Vol. 28, № 3–4. — P. 157–169.
8. Sandor J. A., Eash N. S. Ancient agricultural soils in the Andes of South Peru // Soil Sci. Soc. Amer. J. — 1995. — Vol. 59, № 1. — P. 170–179.
9. Glaser B., Balashov E., Haumaiera L. et al. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region // Organic Geochem. — 2000. — Vol. 31, № 7–8. — P. 669–678.
10. Лиманно-устьевые комплексы Причерноморья: географические основы хозяйственного освоения / Под ред. Г. И. Швецса. — Л.: Наука, 1988. — 304 с.
11. Лисецкий Ф. Н. Специфика экзогенных рельефообразующих процессов в районах античного землепользования Северо-Западного Причерноморья // Геоморфология. — 1992. — № 2. — С. 73–79.
12. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов (в поле и лаборатории). — М.: Высш. шк., 1961. — 345 с.
13. Liu G., Li L., Wu L. et al. Determination of soil loss tolerance of an entisol in Southwest China // Soil Sci. Soc. Amer. J. — 2009. — Vol. 73, № 2. — P. 412–417.
14. Лисецкий Ф. Н. Периодизация антропогенно обусловленной эволюции степных экосистем // Экология. — 1992. — № 5. — С. 17–25.
15. Лисецкий Ф. Н. Историко-экологические этапы трансформации восточно-европейских степей // Успехи современн. естествознания. — 2011. — № 5. — С. 33–36.
16. Сельская округа Ольвии / Ред. С. Д. Крыжицкий, С. Б. Буйских, А. В. Бураков, В. М. Отрешко. — Киев: Наук. думка, 1989. — 240 с.
17. Шишкин К. В. Аэрометод как источник для исторической топографии Ольвии и ее окрестностей // Совет. археология. — 1982. — № 3. — С. 235–242.
18. Античные поселения Нижнего Побужья (Археологическая карта) / Отв. ред. А. С. Русяева. — Киев: Наук. думка, 1990. — 136 с.
19. Буйских С. Б. Некоторые вопросы пространственно-структурного развития Ольвийской хоры (VI–II вв. до н. э.) // Ольвия и ее округа. — Киев: Наук. думка, 1986. — С. 17–28.
20. Иванов И. В., Лисецкий Ф. Н. Сверхвековая периодичность солнечной активности и почвообразование // Биофизика. — 1995. — Т. 40, вып. 4. — С. 905–910.
21. Материалы для оценки земель Херсонской губернии. Т. 1: Одесский уезд. — Херсон, 1883. — 385 с., прилож. 132 с.
22. Лисецкий Ф. Н. Автогенная сукцессия степной растительности в постантичных ландшафтах // Экология. — 1998. — № 4. — С. 252–255.
23. Гарбузов Г. П. Структура древнего землеустройства Таманского полуострова // Рос. археология. — 2003. — № 3. — С. 61–70.
24. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв / Ред. Д. И. Люри, С. В. Горячкин, Н. А. Караваева и др. — М.: ГЕОС, 2010. — 416 с.
25. Голушов П. В., Лисецкий Ф. Н. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи. — М.: ГЕОС, 2009. — 210 с.

Поступила в редакцию 10 января 2012 г.